

PEMANFAATAN LIMBAH *DREGS* DAN *GRITS* SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Andrie Harmaji¹⁾, Hendriansyah²⁾, dan Edwin Kristianto Sijabat³⁾

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Dregs dan *grits* adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses *Chemical Recovery* pada unit *recausticizing* yang banyak mengandung kapur (CaO) memiliki potensi untuk dijadikan berbagai produk *Concrete* salah satunya *Paving Block*. Tujuan penelitian ini sebagai usulan baru untuk pengelolaan limbah agar mengurangi pembuangan limbah di TPA dan juga dapat menghasilkan keuntungan ekonomi dari *paving block* yang dihasilkan.

Dreg dan *grits* dipreparasi dengan cara dikeringkan pada oven 105°C selama 5 jam lalu dihancurkan dengan *crusher*. Kemudian dikarakterisasi kandungan unsur logam dan komposisi kimia (ICP). Sampel *paving block* dicetak dan dikeringkan dengan suhu ruangan. Perbandingan campuran semen, *dreg* dan *grits* yaitu komposisi semen 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% diikuti oleh *dreg* dan *grits*. *Paving block* diuji sifat fisis yaitu densitas, porositas, dan daya serap air sedangkan untuk sifat mekanik dilakukan pengujian kuat tekan.

Diperoleh kandungan senyawa kimia pada *dregs* dan *grits*, CaO sebesar 36% dan 48%, Na₂O 5% dan 7%, Al₂O₃ 6% dan 1%, kemudian SiO₂ dan Fe₂O₃ dibawah 2%. Variasi komposisi limbah padat *dregs* dan *grits* yang dicampurkan dengan semen sangat berpengaruh terhadap karakteristik *paving block*. Diperoleh karakterisasi *paving block* dengan densitas sebesar 1.67-2.18%, porositas 27.67-49.88%, daya serap air 14.59-31.35% dan kuat tekan 1.13-38.93 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa *paving block* yang dihasilkan memenuhi SNI kuat tekan dan direkomendasikan penggunaannya pada area yang tidak terendam air.

Kata Kunci: *Dregs*, *Grits*, *Paving Block*, Limbah, *Recausticizing*.

ABSTRACT

Dregs and *grits* are solid waste produced from the *Chemical Recovery* process in the *causticizing* unit which contains a lot of lime (CaO) which has the potential to be used as a variety of *Concrete* products, one of which is *Paving Block*. The purpose of this research is as a new proposal for waste management to reduce waste disposal in the landfill. It can also generate economic benefits from the resulting *paving blocks*.

Dreg and *grits* were prepared by drying in an oven at 105°C for 5 hours and then crushed with a *crusher*. Then characterize the metal content and chemical composition (ICP). *Paving block* samples were printed and dried at room temperature. The ratio of the mixture of cement, *dreg*, and *grits* is the composition of cement 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% followed by *dreg* and *grits*. *Paving blocks* were tested for physical properties, namely density, porosity, and water absorption, while compressive strength was tested for mechanical properties.

The chemical compounds in *dregs* and *grits* were obtained, CaO 36% and 48%, Na₂O 5% and 7%, Al₂O₃ 6%, and 1%, then SiO₂ and Fe₂O₃ below 2%. Variations in the composition of solid waste *dregs* and *grits* mixed with cement greatly affect the characteristics of *paving blocks*. The *paving block* characterization was obtained with a density of 1.67-2.18%, porosity of 27.67-49.88%, the water absorption capacity of 14.59-31.35%, and compressive strength of 1.13-38.93 MPa. This indicates that the *paving blocks* produced have complied with the SNI for compressive strength and are recommended for use in areas that are not submerged in water.

Keywords : *Dregs*, *Grits*, *Paving Block*, Waste, *Recausticizing*.

¹* Corresponding author: harmaji.a@gmail.com; hendriansyah359@gmail.com; edwinsijabat@hotmail.com

PENDAHULUAN

Industri pulp dan kertas adalah industri yang mengelola kayu dengan jenis *hardwood* dan *softwood* menjadi bahan baku dalam produksi pulp maupun kertas. Seiring dengan perkembangan teknologi, industri pulp telah didukung dengan teknologi yang canggih dan terkini baik itu dalam proses pengupasan kayu, pemasakan kayu, pembentukan pulp dan juga pengemasan pulp. Contohnya pada proses pemasakan kayu yang dulu menggunakan proses soda dan *sulfit* kini diganti menjadi proses kraft dikarenakan sangat berbahaya pada lingkungan dan tidak bisa didaur ulang (*recovery*). Industri pulp yang sekarang menerapkan metode *kraft* sebagai metode yang digunakan pada proses pembuatan bubur kertas. Metode kraft ini menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium sulfida (Na₂S) sebagai larutan pemasak (Simanjutak, 1994). Kelebihan proses kraft ini ketimbang proses lainnya salah satunya yaitu sisa pemasakan yang dapat didaur ulang kembali. Sisa pemasakan tersebut berupa lindi hitam (*black liquor*) yang didaur ulang kembali menjadi white liquor (NaOH dan Na₂S). didalam proses *recovery* tersebut banyak produk samping yang dihasilkan diantaranya *Lime mud*, *Dregs* dan *Grits*.

Sampah adalah partikel halus yang diperoleh dari cairan hijau yang diendapkan dalam tangki pemisah besar. *Green liquor* diperoleh dengan menambahkan air ke zat anorganik setelah membakar komponen organik kayu dari cairan pemasak di tungku memasak (IKPP, 2007). Sedangkan *Grits* adalah material yang terlalu besar dan partikel kapur yang tidak bereaksi yang telah mengendap di dasar pengklasifikasi slaker kapur dan telah dibawa keluar untuk dibuang. Jumlah *grits* bervariasi dari satu penggilingan ke penggilingan lainnya tergantung pada pengotor dan reaktivitas kapur (Dale Sanchez, 2005).

Dregs dan *grits* termasuk limbah B3 kategori 2 yang mempunyai dampak tidak akut (tertunda) dan

dampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan. (PP No 101 Tahun 2014). Limbah B3 kategori ini memiliki toksisitas yang cenderung bersifat subkronis atau kronis (jangka panjang). Sejauh ini *grits* hanya dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk membuat pupuk, selebihnya akan langsung dibuang ke *landfill*. Dengan *dregs* dan *grits* yang tiap bulan selalu melebihi kapasitas bunker dan pemanfaatan sebagai pupuk hanya sedikit maka terjadilah penumpukan dilandfill yang apabila ditumpuk dalam waktu yang lama maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Perlunya pengelolaan limbah tersebut dengan cara memanfaatkan *dregs* dan *grits* sebagai bahan baku pembuatan paving block merupakan salah satu alternatif yang dapat diaplikasikan. Keuntungan dari pemanfaatan ini adalah dapat memecahkan masalah pembuangan limbah padat seperti *dregs* dan *grits* serta menciptakan lingkungan yang bebas dari kontaminasi sisa proses *recausticizing*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan bahan baku *paving block* yaitu semen *Portland*, *dregs* dan *grits* dari Pabrik Pulp dan Kertas dan Pabrik Semen di Sumatera Selatan dan air yang digunakan adalah air dari lokasi dekat dengan lokasi penelitian.

Dilakukan beberapa pengujian sampel *dregs* dan *grits* dengan kondisi sampel awal (sebelum dikeringkan) dan kondisi sampel yang sudah dipreparasi (setelah dikeringkan). Pengujian ini meliputi pengujian padatan dan pengujian kandungan senyawa kimia. *Dregs* dan *grits* kemudian dihancurkan dan dicampurkan dengan semen Portland untuk dibentuk menjadi *paving block* dengan komposisi berikut.

Tabel 1 Komposisi Paving Block

Kode Komposisi	Komposisi (%)		
	Semen	Dregs	Grits
I	0	50	50
II	20	40	40
III	40	30	30
IV	60	20	20
V	80	10	10
VI	100	0	0

Sampel *paving block* dicampur dengan ratio air sebanyak 0.3% dari jumlah semen. Setelah itu dilakukan pencetakan dengan cetakan 5x5x5, kemudian dikeringkan didalam suhu ruangan (tidak kontak cahaya matahari) selama 24 jam. Kemudian dilakukan perawatan (*curing*) selama 28 hari dengan cara menutup paving block dengan kain goni basah. Jumlah seluruh sampel paving block yang dihasilkan sebanyak 24 buah untuk dilakukan pengujian berupa uji densitas, uji porositas, uji daya serap air dan uji kuat tekan.

Nilai uji densitas dapat dihitung dengan persamaan berikut (Susatyo, 2014).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana:

ρ = Massa jenis (gr/cm³).

m = Massa kering (gr).

V = Volume paving block (cm³).

Nilai Porositas dapat dihitung dengan persamaan berikut (Khairunnisa. S, 2018).

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{M_b - M_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\%$$

Dimana :

M_b = Berat basah sampel Uji (gram)

M_k = Berat kering sampel uji (gram)

V_b = Volume benda uji (cm³)

ρ_{air} = Massa jenis air (gr/cm³)

Nilai daya serap air dapat dihitung dengan persamaan berikut (SNI 03-0691-1996).

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\%$$

M_b = Berat basah sampel uji (gr)

M_k = Berat kering sampel uji (gr)



Gambar 1 Alat Pengujian Porositas dan Daya Serap Air

Nilai kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut (Ardi, W. 2016).

$$\text{Kuat Tekan } P = \frac{F}{A}$$

Dengan :

P = Kuat Tekan (N/mm²)

F = Beban maksimum Mesin (N)

A = Luas permukaan (mm²).



Gambar 2 Digital Compression Machine

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sampel *Dregs* dan *Grits*

Karakterisasi Padatan

Karakterisasi dregs dan grits dilakukan dengan cara penimbangan terhadap sampel dregs dan grits sebelum dan setelah dilakukan pengeringan dan pembakaran menggunakan oven dan furnace. Diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Padatan Dregs dan Grits

Sampel	Berat Kering (%)	Bahan Terbakar (%)	Kadar Abu (%)	Loss of Ignition (%)
Dregs	57.47	62.60	37.85	1.85
Grits	85.19	48.35	55.36	1.51

Kandungan Senyawa Kimia

Pengujian kandungan senyawa kimia dilakukan dengan 2 metode, metode menggunakan ICP (*Inductively Coupled Plasma*) dan Metode Titrasi. Dalam produksi *paving block*, semen, pasir dan air digunakan sebagai bahan baku yang didalamnya terkandung senyawa kimia antara lain SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO dan H_2O . Diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Senyawa Kimia SiO_2 , Fe_2O_3 dan Al_2O_3 pada Dregs dan Grits.

Kondisi Sampel	Sampel	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)
Sebelum Dikeringkan	Dregs	2.52	1.13	6.09
	Grits	1.89	0.37	1.41
Sesudah Dikeringkan	Dregs	2.89	1.93	6.81
	Grits	2.21	0.42	1.52

Dari tabel diatas, senyawa kimia SiO_2 , Fe_2O_3 dan Al_2O_3 yang telah dikalkulasikan menjadi persen, rata-rata telah mengalami peningkatan.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kandungan CaO pada Dregs dan Grits

Kondisi Sampel	Sampel	CaO (%)
Sebelum dikeringkan	Dregs	19.10
	Grits	25.23
Sesudah dikeringkan	Dregs	36.44
	Grits	48.11

Dari tabel diatas, kandungan CaO yang telah dikalkulasikan menjadi persen, mengalami peningkatan. Dalam pembuatan *paving block*, Kapur atau CaO menjadi senyawa pembentuk kerangka atau *body paving block*. Dalam pembuatan *paving block* yang memanfaatkan *dregs* dan *grits* sebagai bahan baku, kandungan CaO dari keduanya sudah lebih dari cukup. Kandungan CaO sendiri akan sangat mempengaruhi kekuatan dan porositas pada *paving block* yang dihasilkan.

Tabel 5 Hasil Pengujian Kandungan Total Titrable Alkali

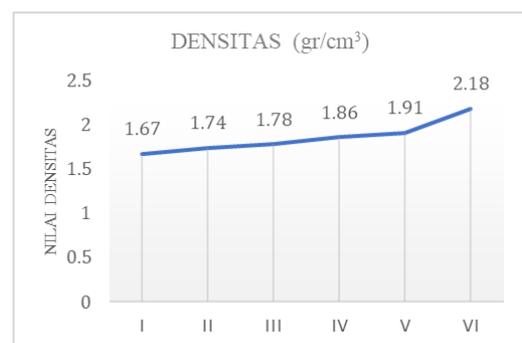
Kondisi Sampel	Sampel	Total Titrable Alkali(%)
Sebelum dikeringkan	Dregs	13.36
	Grits	14.09
Sesudah dikeringkan	Dregs	2.43
	Grits	4.87

Pada tabel diatas menunjukkan hasil uji kandungan Total Titrable Alkali terhadap *dregs* dan *grits* sebelum dan setelah dikeringkan. Hasilnya menunjukkan terjadinya penurunan pada *dregs*, mulanya 13% turun menjadi 2%. Begitupun dengan *grits*, *grits* yang kandungan awal 14% turun menjadi 5%. Penurunan nilai TTA ini disebabkan menguapnya kandungan Na karena dilakukan pengeringan sampel dengan suhu 105°C selama 5 jam.

Hasil Pengujian Paving Block

Pengujian Densitas

Hasil pengujian densitas *paving block* yang telah diukur dan ditimbang dengan neraca analitik, dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



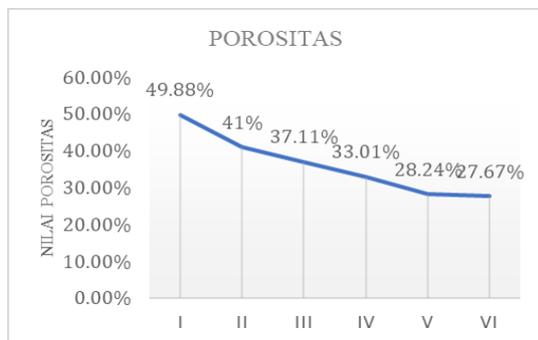
Gambar 3 Hasil Uji Densitas Paving Block

Gambar 3.1 diatas menunjukkan pengaruh komposisi penyusun paving block terhadap densitas. Nilai densitas tertinggi terdapat pada paving block sampel VI sebesar 2.18 gr/cm^3 , sedangkan untuk nilai densitas terendah pada paving block sampel I sebesar 1.67 gr/cm^3 . Sehingga dapat disimpulkan semakin banyak komposisi semen maka densitas paving block yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Penyebab naiknya nilai densitas dikarenakan densitas semen lebih tinggi daripada *grits* dan *dregs*. Densitas semen sekitar 1.44 g/cm^3 sedangkan untuk *grits* dan *dregs* hanya berkisar 0.76 g/cm^3 (Zambarano, M. dkk. 2007). Selain nilai densitas bahan baku, nilai densitas juga dipengaruhi oleh massa *paving block* yang dihasilkan. Semakin berat massa maka semakin sedikit rongga yang terdapat didalam *paving block*. Rongga ini terbentuk karena reaksi eksotermik antara CaO dan SiO₂, yang menyebabkan terbentuknya gelombang panas dan gas selama pencetakan. Selama pemadatan, gelembung gas ini menguap sehingga terbentuk rongga atau pori. (Arnol, H. 2009).

Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas *paving block* yang telah di rendam dan di oven selama 24 jam kemudian diukur berat sampel tersebut. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4 Hasil Uji Porositas Paving Block

Gambar 3.2 diatas menunjukkan pengaruh komposisi *paving block* terhadap porositas. Nilai porositas tertinggi terdapat pada *paving block* sampel I sebesar 49.88%, sedangkan untuk nilai porositas terendah terdapat pada *paving block* sampel VI sebesar 27.67%. Sehingga dapat disimpulkan semakin banyak komposisi semen maka porositas *paving block* yang dihasilkan akan semakin rendah.

Porositas atau rongga yang tinggi disebabkan oleh ketidaktepatan kualitas dan komposisi bahan penyusunnya, pengaruh perbandingan yang terlalu

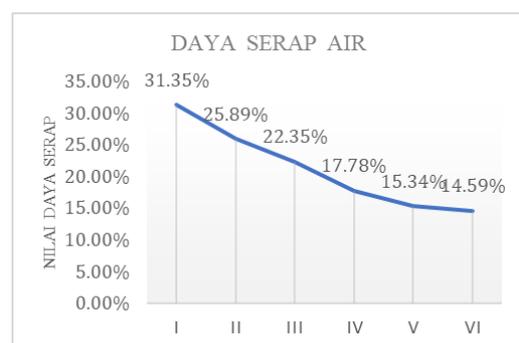
tinggi antara semen dan air dapat mengakibatkan terbentuknya pori/rongga, karena ada air yang tidak bereaksi, kemudian menguap dan meninggalkan rongga (Himavan, 2013).

Jika dilihat dari kandungan senyawa kimia pada *dregs* dan *grits*, kandungan CaO pada kedua limbah itu 70% sedangkan SiO₂ hanya 3%. CaO berlebihan ini yang apabila bereaksi dengan air akan meninggalkan rongga-rongga pada saat pengeringan. Persentase semen yang sedikit itu yang menyebabkan semen tidak mampu mengikat dan mengisi rongga-rongga yang terbentuk.

Besar kecilnya nilai porositas juga dipengaruhi oleh proses pencetakan (Setiawan.2017). Pada saat proses pencetakan *paving block*, peneliti hanya menggunakan tongkat besi panjang sebagai pemadat adonan kedalam cetakan (manual) sehingga besar kemungkinan penurunan kepadatan adonan yang menyebabkan meningkatnya porositas *paving block*.

Pengujian Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air *paving block* yang telah di rendam dan di oven selama 24 jam kemudian diukur berat sampel tersebut.. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 5 Hasil Uji Daya Serap Air Paving Block

Gambar 3.3 diatas menunjukkan komposisi *paving block* terhadap daya serap air. Nilai daya serap air tertinggi terdapat pada *paving block* sampel I sebesar 31.35 %, sedangkan untuk nilai daya serap air terendah pada *paving block* sampel VI sebesar 14.59%. Sehingga dapat disimpulkan Semakin banyak

komposisi semen maka daya serap air akan semakin rendah.

Jika diperhatikan pada grafik diatas, diperoleh nilai daya serap air paving block berkisar antara 14.59% - 31.35%. maka nilai daya serap air yang diperoleh belum memenuhi standar yang ditentukan oleh SNI-03-0691-1996 yaitu berkisar antara 3% - 10%. Hasil yang belum memenuhi standar ini sangat dipengaruhi oleh material penyusunnya, contohnya CaO. CaO atau Kapur yang berlebihan dapat menyebabkan daya serap air meningkat. Hal ini disebabkan karena sifat CaO yang higroskopis (Mulyasih,2010) atau menyerap air.

Selain itu, kurangnya kandungan SiO₂ yang terkandung didalam *dregs* dan *grits* membuat rongga-rongga udara yang *terbentuk* tidak terisi sehingga kepadatan dari *paving block* menurun. Semakin padat *paving block* maka semakin sukar menyerap air (Hambali, 2013).

Pengujian Kuat Tekan

Hasil Uji kuat tekan *paving block* yang telah di uji dengan alat compress digital (*Digital Compression Machine*). Dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 6 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block*

Jika diperhatikan pada grafik diatas, nilai kuat tekan mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan semen maka nilai kuat tekan semakin meningkat (Sembiring. 2017). Kenaikan ini disebabkan karena kandungan SiO₂ yang terkandung didalam semen yang membantu pengikatan CaO dan mengisi rongga yang terbentuk karena air yang menguap sehingga *paving block* lebih

padat dan lebih kuat (Hambali. M, dkk. 2013). Selain jumlah semen, ada Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan yaitu faktor air semen, umur beton dan sifat-sifat agregat. (Arizky. R, dkk. 2015).

Berdasarkan SNI Nomor 03-0691 tahun 1996, maka dapat disimpulkan untuk *paving block* dengan persentase semen 0% tidak masuk standar mutu. Untuk persentase semen 20% didapat sebesar 9 MPa, masuk kedalam mutu D. Untuk persentase 40% didapat sebesar 11.29 MPa masuk kedalam mutu D. untuk persentase 60% didapat sebesar 17.05 MPa masuk kedalam mutu B. untuk persentase 80% didapat sebesar 22.60 MPa masuk kedalam mutu B dan untuk persentase 100% didapat sebesar 38.93 MPa masuk kedalam mutu A.

KESIMPULAN

Kandungan senyawa kimia pada *dregs* dan *grits* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan *paving block* terdapat beberapa unsur yang diperoleh, diantaranya : CaO sebesar 34% dan 50% diikuti oleh Na₂O sebesar 5% dan 7%. Kemudian untuk senyawa lain Al₂O₃ sebesar 6% dan 1%, SiO₂ masing-masing 2% dan Fe₂O₃ sebesar 2% dan 0.5%. Penambahan semen pada pembuatan *grits* dan *dreg* dalam percobaan pembuatan *paving block* menghasilkan jawaban bahwa *dregs* dan *grits* yang dicampur semen akan sangat mempengaruhi karakteristik *paving block*. Persentase campuran semen berbanding lurus dengan nilai densitas dan kuat tekan, sedangkan untuk porositas dan daya serap air berbanding terbalik *Paving block* yang dihasilkan dengan persentase semen 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% masuk kedalam klasifikasi SNI-03-0691-1996 dengan mutu yang berbeda. Sedangkan untuk hasil pengujian daya serap air berkisar antara 14.3% - 31.35% artinya *paving block* yang dihasilkan tidak memenuhi SNI, sehingga sangat direkomendasikan penggunaan *paving block* pada area atau taman yang tidak terendam air.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai FAS (*faktor air semen*) agar diperoleh paving block yang lebih optimal. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan menghaluskan bahan baku menggunakan mesin seperti *ball mill* dan mesin pencetak yang dapat mengurangi porositas pada *paving block*. Dapat dilakukan pengujian XRF dan SEM untuk mengetahui perbedaan fasa yang terbentuk karena penambahan semen dan tanpa penambahan semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, F. 2020. Pengaruh Campuran Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagian Semen dalam Pembuatan Paving Block dengan Metode Tekanan [Skripsi]. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Arnol, H. 2009. Pemanfaatan Limbah Padat Pulp Dregs Sebagai Pengisi Batako Dengan Perekat Tepung Tapioka [Tesis]. Medan: Program Studi Fisika, Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Besprina, Fani. 2009. Pemanfaatan Limbah Padat Pulp Dreg dan Grits Dengan Penambahan Kaolin Sebagai Bahan Pembuatan Keramik Konstruksi [Skripsi]. Medan: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Darwis, Z., Priyambodo, B. A., & Ashar, R. N. 2012. "Pemanfaatan Blotong Untuk Bahan Baku Pembuatan Paving Block". *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).
- Green, R.P. & Hough, G 1992. *Chemical Recovery in the Alkaline Pulping Process* (3rd Edition). Atlanta TAPPI PRESS. https://www.tappi.org/product_pull/09/dec/_01/chemical-recovery-in-the-alkaline-pulping-processes-revised-edition/. 26 April 2022
- Hambali, M., Lesmania, I., & Midkasna, A. 2013. Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(4).
- Helmahera, M., Setyanto, S., & Adha, I. 2016. Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Uji Kuat Tekan Paving Blok Menggunakan Campuran Tanah dan Kapur dengan Alat Pemadatan Modifikasi. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(1), 127-136.
- Khoirani, R. 2021. Pemanfaatan Limbah Grits Dan Dreg Dengan Penambahan Kaolin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik Konstruksi [Tugas Akhir]. Deltamas: Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Kurniawan, J. I. 2020. Kontrol Kualitas Pada Produksi Concrete Block Di Pt. Panen Raya Kencana, Banyuwangi. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 9(2), 187-194.
- Muliyasih, S. 2010. Pembuatan Paving Block dengan Menggunakan Limbah Las Karbit sebagai Bahan Additif dengan Perekat Limbah Padat Abu Terbang Batubara (Fly Ash) PLTU Labuhan Angin Sibolga [Tesis]. Medan: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.

- OKI Pulp and Paper Overview Presentation. (Yuri Dariansyah, Head Training).
- Prasetyo, A. 2020. Pembuatan PCC (Precipitated Calcium Carbonate) Menggunakan Bahan Baku Lime Mud Dengan Metode Kaustik Soda [Tugas Akhir]. Deltamas: Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas.
- Qomaruddin, M., & Sudarno, S. 2017. Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving. *Jurnal Reviews in Civil Engineering*, 1(1).
- Sari, R. A. I., Wallah, S. E., & Windah, R. S. 2015. Pengaruh Jumlah Semen Dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Yang Berasal Dari Sungai. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1).
- Sembiring, A. 2018. Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Paving Block Dengan Bahan Pasir Kasar, Batu Kacang, Dan Pasir Halus. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, 1(2).
- Widjojoko, L. 2010. Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).
- Winarno, H., Muhammad, D., & Wibowo, Y. G. 2019. Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknika*, 11(1), 1067-1070.
- Wiryasa, N. M. A., Sugita, I. N., & Wedasana, A. S. 2008. Pemanfaatan Lumpur Lapindo sebagai Bahan Substitusi Semen pada Pembuatan Paving Block. *Jurnal Ilmiah Tehnik Sipil*. 12(1).